

2.2. Агрофізичні показники

Гранулометричний склад ґрунту

Гранулометричний склад – базова характеристика ґрунту, яка залежить від ґрунтоутворюючої породи і визначає більшість фізико-хімічних, водно-фізичних і фізико-механічних властивостей. З ним пов'язані поглинальна здатність ґрунтів, вміст гумусу, насиченість ґрунту поживними речовинами, ефективність використання рослинами добрив тощо.

Ідентифікація та класифікація ґрунтів за гранулометричним складом наводиться згідно методики Н.А. Качинського (1958) за вмістом фізичної глини, тобто вмістом часток $< 0,01$ мм. Просторова зміна гранулометричного складу ґрунтів України від піщаного, глинисто-піщаного до суглинкового і глинистого відбувається з північного заходу (Західного Полісся) на південь та південний схід. Майже половину площі України займають важкі суглинки і глини, приблизно 28-30 % – середньо і легкосуглинкові, а 20-22 % – супіщані ґрунти.

Для визначення впливу параметрів гранулометричного складу на продуктивність сільськогосподарських культур можна використати оцінки Н.А. Качинського (1958) (табл. 2.2). Як видно з цієї таблиці для дерново-підзолистих ґрунтів найкращими є середні та легкі суглинки, а для лісостепових та степових ґрунтів – важкі суглинки та глинисті ґрунти. Оцінки Н.А. Качинського зроблені з урахуванням вірогідних запасів поживних речовин та впливів гранулометричного складу на водний, повітряний та тепловий режим цих ґрунтів. Згідно з оцінками фахівців ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», які узагальнені в державному стандарті (табл. 2.3), важко-, середньо- та легкосуглинкові ґрунти є оптимальним гранулометричним складом для більшості головних сільськогосподарських культур України.

З гранулометричним складом ґрунту безпосередньо пов'язаний такий важливий технологічний показник якості ґрунтів, як *питомий опір* при оранці. Це досить популярний показник, який широко використовується для

Таблиця 2.2. Вплив гранулометричного складу на продуктивність ґрунтів при вирощуванні зернових культур (з урахуванням запасів поживних речовин, водного, повітряного та теплового режимів) за десятибальною шкалою (Качинський, 1958)

Зона	Ґрунти	Оцінка гранулометричного складу*							
		Глинисті	Важкосуглинкові	Середньосуглинкові	Легкосуглинкові	Супіщані	Піщані мілкозернисті зв'язні	Піщані крупнозернисті пухкі	
Підзолиста	Підзолистоглеєві	4	6	8	10	8	5	3	
	Підзолисті	5	6	8	10	7	5	3	
	Дерновопідзолисті	6	7	10	8	6	4	2	
Сіра лісова	Для всіх ґрунтів	8	10	9	7	6	4	2	
Чорноземна	Чорноземи типові та звичайні	10	9	8	6	4	3	1	
	Чорноземи південні	9	10	8	7	5	3	1	
Каштанова	Темнокаштанові	8	10	9	7	6	3	1	

*1-2 – дуже несприятливі умови, 2-4 – несприятливі умови, 5-6 – задовільні умови, 7-8 – сприятливі умови; 9-10 – дуже сприятливі умови

Таблиця 2.3. Оптимальні параметри гранулометричного складу при вирощуванні окремих сільськогосподарських культур (ДСТУ 4362:2004)

Сільськогосподарська культура	Оптимальний гранулометричний склад
Озима пшениця	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Озиме жито	Середньосуглинковий, легкосуглинковий
Ярий ячмінь	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Овес	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Кукурудза на зерно	Легкоглинистий, важкосуглинковий, середньосуглинковий
Цукровий буряк	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Соняшник	Важкосуглинковий, середньосуглинковий
Картопля	Середньосуглинковий, легкосуглинковий, супіщаний
Льон довгунець	Середньосуглинковий, легкосуглинковий

конструювання ґрунтообробної техніки та нормування технологічних

операцій, пов'язаних з обробкою ґрунтів. Згідно з оцінками (Медведев, 1988; Медведев, Лактионова, 2007) *оптимальні або найбільш сприятливі умови для обробітку ґрунту* є значення цього показника *менше ніж 0,46 кг·с/см²* і притаманні *піщаним та супіщаним* ґрунтам. При обробці цих ґрунтів спостерігається мінімальні витрати пального, паливно-мастильних матеріалів і, відповідно, найбільша змінна продуктивність праці (Медведев, Лактионова, 2007). *Середні* що до сприятливості умов для обробітку є *супіщано-суглинкові ґрунти* із значенням питомого опору в *0,46-0,50 кг·с/см²*. *Середньо важкі умови для обробітку ґрунту (0,51-0,55кг·с/см²)* притаманні *легкосуглинковим* різновидам ґрунтів. *Важкі умови для обробітку ґрунту (0,56-0,60кг·с/см²)* – середньосуглинковим ґрунтам, а *дуже важкі умови для обробітку ґрунту (більше ніж 60 кг·с/см²)* – важкосуглинковим та легко-, середньо- і важко глинистим ґрунтам. В останньому випадку використання таких ґрунтів вимагає застосування енерговитратних тракторів та витрат великих коштів на пальне та паливно-мастильні матеріали.

Щільність ґрунту

Щільність ґрунту (об'ємна маса, щільність складання сухого ґрунту, щільність будови ґрунту) є одним з найважливіших фізичних характеристик його родючості.

Щільність ґрунту в ґрунтових горизонтах або шарах залежить від гранулометричного складу, вмісту гумусу, агрегованості ґрунтів, від щільності складення агрегатів і характеру їх упакування. Це дуже динамічна і водночас інформативна величина, яка дає уявлення про співвідношення твердої частини і пустот у ґрунті. Щільність ґрунту широко використовують як при ґрунтово-генетичних дослідженнях, так і для агротехнічної та ґрунтово-меліоративної оцінки ґрунтів. Ця величина необхідна також для розрахунку запасів у шарі ґрунту води, солей, гумусу та поживних елементів.

Як правило, щільність ґрунту вниз за профілем зростає. Це пов'язано з тиском вище розміщеної товщі ґрунту на нижні шари. Однак іноді ця

тенденція порушується появою ґрунтів з підвищеною або зниженою щільністю, що може бути наслідком як особливостей ґрунтоутворюючого процесу (ілювіальні та елювіальний горизонти), так і неоднорідності вихідної породи. Діапазон змін щільності різних мінеральних ґрунтів України знаходиться в межах 0,90-1,80 г/см³. Для верхніх шарів орних культурних ґрунтів характерна щільність 1,05-1,20 г/см³ (В.В. Медведєв и др., 2004).

В Україні найбільш сприятливі умови щільності складання для формування, відповідно, найбільш якісних ґрунтів, відзначаються в Лісостепу і Степу. Лише дуже короткий час, безпосередньо після проведення передпосівного обробітку і посіву щільність складання у самому верхньому ґрунті може бути менше, ніж 1,1 г/см³, що несприятливо для водно-повітряного режиму ґрунтів. Решта періоду вегетація сільськогосподарських культур відбувається тут в оптимальних щодо щільності умовах (1,10-1,30 г/см³), якщо, звичайно, під час вегетації культур і збирання врожаю не зловживають проходами важкої техніки. На південь і південний схід і, особливо, на північ і північний захід від цієї зони рівноважна щільність у силу різних причин збільшується – значну площу займають ґрунти з високою щільністю (1,51-1,80 г/см³). Це дерново-підзолисті й дернові піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти, збіднені на органічну речовину. Однак, на штучно окультурених варіантах таких ґрунтів, де вносяться великі норми органічних добрив і меліорантів, використовуються бобові трави та практикуються оптимальні технології обробітку, можливе зменшення щільності до оптимальних величин (Медведєв, Плиско, 2006).

Що стосується оптимальних значень щільності ґрунту для більшості сільськогосподарських культур, то верхня межа, як правило, дорівнює приблизно 1,35-1,45 г/см³, а нижня – 1,00-1,10 г/см³ (табл. 2.4). Але питання допустимої верхньої межі щільності ґрунту достатньо дискусійне, тому що воно залежить від генетичних особливостей ґрунтів, виду сільськогосподарської культури, її фази розвитку, способу обробітку тощо. Універсальним критерієм допустимої щільності є наступне визначення – в

Таблиця 2.4. Оптимальні значення щільності для шару ґрунту 0-30 см (ДСТУ 4362:2004).

Сільськогосподарська культура	Щільність складання, г/см ³
Пшениця озима	1,10-1,35
Яровий ячмінь	1,05-1,35
Овес	1,10-1,45
Кукурудза на зерно	1,05-1,30
Цукровий буряк	1,00-1,30
Соняшник	1,10-1,35
Картопля	1,00-1,45

ґрунті повинно бути не менше 10-15 % повітря (Медведев, 2002; Медведев и др., 2004). Якщо цей критерій не виконується, то спостерігається суттєве послаблення біологічної активності, нітрифікації, поглинання елементів живлення (Медведев и др., 2004).

Існують кілька підходів до групування ґрунтів щодо щільності. Популярними є оцінки Н.А. Качинського (1965) та С.А. Наумова (1969). В останній роботі при так званій *агрономічній оцінці*, щільність складання ґрунту *менше ніж 1,0 г/см³ ґрунтів вважається пухким, 1,1-1,3 г/см³ – ущільненим або оптимальним, 1,3-1,4 г/см³ – щільним, а більше, ніж 1,4 г/см³ – дуже щільним* (згідно Медведева и др., 2004).

Кількісною функцією від щільності ґрунту є його *шпаруватість*. Чим щільніший ґрунт, тим менша шпаруватість і навпаки. Загальна шпаруватість ґрунтів показує, яку частку в загальному об'ємі ґрунту займають шпарини. Н.А. Качинський (1965) запропонував наступну шкалу оцінки загальної шпаруватості ґрунтів: *відмінна (культурний орний шар) – 65-55 %, задовільна для орного шару – 55-50 %, незадовільна для орного шару <50 %, надмірно низька характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів – 40-25 %*. Якісно шпаруватість – це функція від структури ґрунту, тому роль і значення шпаринного простору в функціонуванні ґрунту будуть розглянуті в розділі, присвяченому впливу структури на властивості ґрунтів, їх режими та родючість.

Щільність ґрунтів сільськогосподарського призначення є достатньо динамічною величиною, що визначається як природними властивостями ґрунту, так і рівнем технологічного навантаження (рілля, пасовища, цілина). При використанні важкої сільськогосподарської техніки та помилок при обробітці спостерігається загальне антропогенне *переуцільнення ґрунту* та формування *плужної підшви* (Медведев и др., 2004).

Антропогенне *переуцільнення* спостерігається коли машинно-тракторні агрегати, маючи масу від 2-5 т до 40-50 т (збиральна техніка із повним завантаженням), створюють значне навантаження на ґрунт у процесі руху під час виконання технологічних операцій. Це явище повторюється із року в рік на значній площі поля, тому має накопичувальний характер, викликаючи *уцільнення ґрунту* до глибини 50-60 см. Істотно пришвидшується цей процес при порушенні вимог щодо вологості ґрунту при проведенні польових робіт. Часто густа техніка заходить у поле за вологості ґрунту понад 90 % НВ, що тільки посилює *уцільнення ґрунту*.

Плужною підшвою є *уцільнений прошарок* в орному шарі ґрунту або під ним, який утворюється внаслідок тиску площини робочих органів ґрунтообробних агрегатів за час обробітці на одну і ту саму глибину. Сільськогосподарські культури досить чутливі до стану ґрунту, зокрема його щільності. За різними оцінками науковців, недобір урожаю на полях із проявом *плужної підшви* може сягати 30–40 %. *Переуцільнений ґрунт* різко знижує свою водопоглинальну здатність. Порушення газообміну в ґрунті, де значно перевищені показники його щільності, зумовлює зниження інтенсивності виділення вуглекислого газу на 20-40 %, що погіршує процес фотосинтезу і знижує урожайність. Крім того, відбувається погіршення мікробіологічної активності. Зростання *уцільнення ґрунту* негативно впливає на кореневу систему рослин. При щільності ґрунту на рівні 1,5 г/см³ до 80 % коренів сільськогосподарських культур розміщується у ґрунтовому шарі 5–10 см, а решта формується глибше 10-20 см. Особливо чутливі до наявності в ґрунті *плужної підшви* сільськогосподарські культури зі стрижневою

кореневою системою (соняшник, буряки цукрові та кормові, ріпак, соя). Переуцільнення ґрунту в орному шарі зумовлює зростання мичкуватості кореневої системи, що ускладнює перебіг фізіологічних процесів росту та розвитку сільськогосподарських культур. Рослини стають дуже чутливими до екстремальних метеорологічних умов - тимчасового прояву посухи чи перезволоження. Нестабільність водного режиму, відповідно, погіршує засвоєння елементів живлення рослинами (Медведев и др., 2004).

Макроструктура ґрунту

Значення структурного стану ґрунту (склад агрегатів певної форми, розміру та стійкості) може бути визначено в різних аспектах (Воронин, 1986):

- *ґрунтовий аспект* – структура несе відповідальність за збереження самого ґрунтового тіла при дії на нього зовнішніх факторів, які викликають ерозію (водну і вітрову), а також забезпечує фізичні умови для протікання внутрішніх ґрунтових процесів;

- *біологічний аспект* – структура зумовлює забезпеченість рослин, мікроорганізмів та ґрунтової фауни водою і повітрям, визначає температурний та газовий режим, фізичні умови розвитку корневих систем рослин і міграції живих організмів.

Елементарні ґрунтові частинки і мікроагрегати, взаємодіючи між собою, утворюють *педи*, або макроагрегати. Форма, розмір і структура агрегатів тісно пов'язані з гранулометричним і мікроагрегатним складом ґрунту та особливостями процесу ґрунтоутворення.

Зі структурою твердої фази ґрунту дуже тісно пов'язана структура її шпаринного простору і розподіл шпарин за розмірами. Треба зазначити, що саме у шпаринах відбуваються всі основні фізичні, хімічні та біологічні процеси. У них створюються необхідні для рослин запаси вологи і міститься ґрунтове повітря. Шпаринами надходить вода у ґрунт і переміщається у ґрунтовій товщі. Велика інфільтраційна здатність ґрунтів сприяє зниженню або припиненню поверхневого стоку і, отже, призводить до зниження водної

ерозії ґрунтів. А тому збільшення розмірів агрегатів сприяє збереженню родючого шару ґрунту як від водної, так і від вітрової ерозії. Сприятливе (ДСТУ 4362:2004) співвідношення шпарин забезпечує оптимальні умови водного і повітряного режимів ґрунтів, сприяє надходженню в ґрунт необхідних кількостей кисню і видалення з ґрунту вуглекислого газу. Структура визначає механічні властивості ґрунтів, проростання насіння рослин, ріст і поширення в ґрунті коріння (Воронин, 1986; Медведев, 2008).

Для оцінки якості структури, перш за все необхідно знати *розподіл агрегатів за розмірами*. Однак для характеристики структурного стану ґрунтів не досить знати тільки розподіл агрегатів за розмірами в певний момент часу. Агрегати періодично утворюються, руйнуються і перебудовуються. Наприклад, свіжозоране поле може зберігати протягом деякого часу близьке до оптимального розташування агрегатів різного розміру з великими міжагрегатними шпаринами, які сприяють інфільтрації і аерації. Однак цей стан часто буває короткочасним, агрегати починають швидко розпадатися, через те, що ґрунт піддається впливу руйнівних сил, які виникають в результаті періодично повторюваних дощів і сухих проміжків часу. Багаторазове переміщення по полю сільськогосподарських машин, особливо важких, теж сприяє руйнуванню агрегатів на поверхні ґрунту та його ущільненню на певну глибину. Звичайно, ступінь таких змін структури ґрунту залежить від того, наскільки вона стійка щодо зовнішніх руйнівних сил (Воронин, 1986; Медведев, 2008).

Щоб оцінити стійкість агрегатів, їх зразки піддають впливу сил, які імітують це явище, яке, ймовірно, відбувається в ґрунтах в польових умовах. Ступінь стійкості оцінюють або за часткою маси початкового зразка, яка протистояла руйнуванню і зберегла свою фізичну цілісність, або за часткою, яка з'явилася в результаті руйнування, використовуючи при цьому довільні, але відтворювані критерії (наприклад, масу агрегатів дрібніше 0,25 мм).

Однак поняття «стійкість агрегатів» найчастіше застосовують в зв'язку з руйнівним впливом води. У цьому випадку говорять про водостійкість

Таблиця 2.5. Оцінка стану ґрунтової структури середньо- та важкосуглинкових ґрунтів.

Вміст агрегатів 0,25-10,0 мм, %		Оцінка структурного стану
повітряно-сухих	водотривких	
> 80	> 70	Відмінний
80-60	70-55	Добрий
60-40	55-40	Задовільний
40-20	40-20	Незадовільний
< 20	< 20	Поганий

агрегатів. Методика «мокрого» просіювання використовує ті ж самі набори сит зі стандартними розмірами отворів. Як показник стійкості агрегатів іноді використовують різницю між середньозваженими діаметрами агрегатів, отриманих в результаті сухого та «мокрого» просіювання. Існують і окремі оцінки якості ґрунтів лише за «мокрим» просіюванням ґрунту (табл. 2.5).

Для ґрунтів сільськогосподарського використання важливою є так звана «агрономічно цінна» структура, в якій механічно міцні, водостійкі та пористі агрегати представлені зернистими і дрібно грудкуватими педами. Умовно прийнято, що розмір цих агрегатів коливається в межах від 10 мм до 0,25 мм (Воронин, 1986; Медведєв, 2002; Медведєв, 2008). Саме цей критерій використовують в сучасній оцінці структури в Україні (табл. 2.5).

Однак є окремі результати досліджень, які показують, що, за винятком незначного збільшення обсягу дуже великих шпарин, фізичні властивості практично не змінюються зі зростанням розміру агрегатів більш, ніж 5 мм, а самі агрегати в діапазоні 5-10 мм характеризуються незначною міцністю і дуже слабкою водостійкістю. А тому можливо прийняти за агрономічно цінні агрегати педи, які мають розмір від 5 мм до 0,25 мм. Це, до речі, обумовлює їх рівномірніше упакування при оранці і, зрештою, призводить до створення орного горизонту з оптимальною структурою шпаринного обсягу, що поєднує порівняно великі між агрегатні шпарини, через які відбувається фільтрація води та газообмін, зі значним обсягом середніх за розмірами шпарин, які, в основному, утримують і проводять ґрунтову вологу. Механічна міцність агрегатів і їх водостійкість сприяє збереженню цього

співвідношення шпарин у часі під впливом погодних умов та сільськогосподарського використання (Воронин, 1986).

Показники структури є досить інформативним показником, щодо здатності ґрунту протистояти екстремальним зовнішнім впливам – поверхневому стоку, спричиненого зливами, таненням снігу та сильними вітрами. Зокрема, *протиерозійна стійкість ґрунту* напряду пов'язана із середньозваженим діаметром водотривких агрегатів і розраховується на основі «мокрого» просіювання ґрунту (Світличний, Чорний, 2007). *Протиідефляційна стійкість* чорноземних і каштанових ґрунтів України повністю залежить від вмісту агрегатів більше 1 мм при сухому просіюванні (так звана «грудкуватість») (Письменний, 2008).

Засобами попередження фізичної деградації (зростання щільності та погіршення макро структури) ґрунтів є (Медведев, 2013):

- мінімізація механічного впливу на ґрунт аж до повної відмови від обробки, тобто впровадження технології «no-till»;
- виконання заходів високої культури землеробства, мета якої є у підтриманні бездефіцитного балансу гумусу, біофільних елементів і зберігання агрономічно цінної структури.

Виконання першої вимоги пов'язані зі зменшенням глибини обробітку, впровадженням мінімального обробітку та «no-till», скороченням кількості культивацій та боронувань посівів, нормування механічного навантаження на ґрунт, впровадження машинно-тракторних агрегатів з пневматично широкими колесами тощо.

Реалізація другої вимоги пов'язана з поширенням систем «зберігаючого», «адаптивного», «органічного» та «точного» землеробства, що супроводжується впровадженням бобових культур, однорічних і багаторічних трав, внесенням у ґрунт органічних добрив та рослинних решток.

Ґрунтово-ґідрологічні критерії

Властивості ґрунтів, зокрема гранулометричний склад і вміст органічної речовини визначають цілу низку ґрунтово-ґідрологічних констант, зокрема, *найменшу (польову) вологість (НВ), вологість в'янення (ВВ) та діапазон активної вологи (ДАВ)*. Останній показник є кількісною оцінкою здатності ґрунту утримувати продуктивну вологу в ґрунті в діапазоні від НВ до ВЗ, тобто здатністю ґрунту забезпечувати вологою рослину:

$$\text{ДАВ} = \text{НВ} - \text{ВВ} \quad (2.1)$$

НВ – це максимальна кількість вологи, що залишається у ґрунті після її зволоження до повної вологомісткості та стікання гравітаційної вологи і в реальних польових умовах спостерігається дуже короткий час лише після рясного дощу або сніготанення. НВ є верхньою межею здатності ґрунту утримувати продуктивну вологу. Данні щодо НВ отримуються в умовах відсутності підпору ґрунтових вод у нижніх шарах ґрунту.

Експериментальні дані щодо НВ для орних ґрунтів України, наведені у монографії (Медведев и др., 2011). Вони показують, що діапазон змін НВ коливається в межах 14-30 % від маси ґрунту і має певну залежність цієї ґрунтово-ґідрологічної константи від гранулометричного складу ґрунту. У піщаних і супіщаних ґрунтах Полісся спостерігаються мінімальні значення НВ – 13-14 %, а в суглинкових та глинистих ґрунтах Степу та Лісостепу значення НВ максимальні – більш ніж 30 %. В той же час, автори відмічають, що певна залежність цього показника існує не тільки від гранулометричного складу, а і від щільності ґрунту, вмісту гумусу, структурованості тощо. А тому максимальні значення НВ в Україні мають суглинкові та глинисті чорноземи північного Степу та Лісостепу, які є найбільш гумусованими ґрунтами України. За профілями головних типів ґрунтів України спостерігається, як правило, зменшення НВ з поверхні вглиб ґрунту, що пов'язано зі змінами гранулометричного складу, вмісту гумусу, щільності тощо.

Що стосується ВВ, то ця ґрунтово-гідрологічна константа характеризує нижню межу вмісту продуктивної вологи в орних ґрунтах. При цій величині вологості припиняється рух вологи в ґрунті, а у рослин з'являються перші ознаки в'янення. Узагальнення даних щодо ВВ для ґрунтів України показали (Медведев и др., 2011), що ця величина змінюється від 3 % до 18 % від маси ґрунту. Також спостерігається тісний зв'язок між цим показником і вмістом у ґрунтах фізичної глини та мулу. А тому найменші величини ВВ зафіксовані на піщаних і супіщаних ґрунтах, зокрема у Поліссі (менші ніж 6 %), а найбільші у середньо- та важкоглинкових ґрунтах на південному сході України та у Степу (більше, ніж 12 %), а ґрунти Лісостепу займають проміжне положення (Лактионова и др., 2007; Медведев и др., 2011).

А отже, показник ДАВ, як різниця між НВ та ВВ, в першу чергу, залежить від гранулометричного складу ґрунту, тому що і НВ, і ВВ синхронно зростають або зменшуються із зростанням або зменшенням вмісту фізичної глини. Інші властивості ґрунту (щільність ґрунту, вміст гумусу, параметри структури) мають другорядне значення. Водночас, цей параметр показує на здатність ґрунту утримувати продуктивну вологу і може використовуватися для порівняння між собою різних ґрунтів щодо цієї властивості (Лактионова и др., 2007; Медведев и др., 2011). Згідно з узагальненнями в цитованій вище монографії потенційна здатність українських орних ґрунтів забезпечувати рослину продуктивною вологою у гумусовому горизонті змінюється від 7 до 30 %. Верхня межа цього діапазону ДАВ може вважатися оптимальним значенням і бути еталоном для оцінок якості ґрунтів саме з цих позицій.

Приклад оцінки якості ґрунту за морфологічними ознаками, агрофізичними та водно-фізичними показниками

Оцінемо якість чорнозему південного слабкоеродованого за морфологічними, фізичними та водно-фізичними властивостями, дані про який наведено у таблиці 2.6. Як видно з опису розрізу потужність гумусового

горизонту(H+Np) складає 45 см, що згідно з приведеними вище критеріями є задовільною характеристикою для використання при вирощуванні сільськогосподарських культур. Згідно опису профілю видно, що ґрунт немає ніяких ознак оглеєння у профілі, що робить його, (згідно табл. 2.1) найбільш сприятливим з цих позицій для використання у рільництві. Вміст фізичної глини (55-57 %) відносить ці ґрунти до важкосуглинкових. Такий гранулометричний склад ґрунту є оптимальним для вирощування більшості польових культур Степу України – озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи, соняшнику тощо (табл. 2.2 та 2.3). Важкосуглинковим ґрунтам притаманні високі значення питомого опору (більш ніж $0,60 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$), що вимагає застосування енерговитратних тракторів та витрат великих коштів на паливо та паливно-мастильні матеріали.

Щільність в гумусовому горизонті складає $1,21 \text{ г}/\text{см}^3$, що є оптимальним значенням, згідно приведеною вище групування і, в цілому, попадає у значення оптимального діапазону щодо щільності при вирощуванні основних сільськогосподарських культур (табл. 2.4). До кореневмісного шару ґрунту відноситься і верхній перехідний горизонт Нp, де щільність сягає $1,32 \text{ г}/\text{см}^3$, що в цілому попадає в значення оптимального діапазону для вирощування більшості сільськогосподарських культур (але за винятком кукурудзи та цукрового буряку). Ґрунт в нижньому перехідному горизонті та у материнській породі відноситься до категорії «дуже щільного» і є вищим за оптимальні значення, але там не буде знаходитися основна маса коріння сільськогосподарських рослин (можливо, за виключенням соняшнику), які вирощуються на цих ґрунтах.

Що стосується макроструктури гумусового шару ґрунту, то вона близька до оптимальної тому, що її кількісні параметри попадають, згідно з існуючими оцінками (табл. 2.5), у категорію «відмінна», щодо вмісту агрономічно цінних агрегатів 0,25-10 мм та «добра» щодо вмісту водотривких агрегатів.

Таблиця 2.6. Морфологічні, фізичні та водно-фізичні властивості чорнозему південного важкосуглинкового слабкоеродованного (землі Навчально-наукового виробничого центру МНАУ, Миколаївський район Миколаївської області, N 46°53'41,7", E 031°40'37").

Генетичні горизонти та їх потужність, см	Опис	Вміст <0,01 мм, %	Щільність складання, г/см ³	Загальна шпаруватість, %	Вміст агрегатів 0,25 -10 мм при «сухому» просіванні, %	Вміст водотривких агрегатів 0,25 -10 мм, %	Вологість в'янення, %	Найменша волоємність, %
Н 0-28	Гумусовий горизонт, темно-сірий, свіжий, легко-глинистий, грудкувато-зернистий, рихлий, є коріння рослин, перехід поступовий. Верхній перехідний горизонт, темнувато-сірий з буруватим відтінком, свіжий,	56,86	1,21	47,52	82,96	63,53	12,3	26,1
Нр 29-45	слабко ущільнений, грудкувато-зернистий, зустрічаються гумусові затьоки, перехід поступовий. Нижній перехідний горизонт, палево-сірий з буруватим відтінком, грудкувато-	57,05	1,32	45,68	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Рhk 46-68	призматичний, свіжий, зустрічаються гумусові затьоки, ущільнений, скипає від НС1, перехід нерівномірний. Материнська порода –	56,12	1,38	44,58	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Рк 69-120	бурувато-палевий лес із включенням карбонатів у вигляді білозірки.	55,06	1,51	41,70	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.

Діапазон активної вологи складає 13,8 %, що удвічі менше, за оптимальні значення (приблизно 30 %). А, отже, чорнозем південний слабоеродований важкосуглинковий не здатний довго забезпечувати сільськогосподарські рослини вологою, що особливо небезпечно в умовах поганого природного зволоження на цій території.

Висновок. Чорнозем південний слабкоеродований важкосуглинковий щодо морфологічних ознак, агрофізичних та водно-фізичних показників у цілому придатний для вирощування більшості основних сільськогосподарських культур. Водночас, обробка важкосуглинкового ґрунту вимагає застосування енерговитратних тракторів та витрат великих коштів на паливо та паливно-мастильні матеріали, що пов'язано з високими значеннями питомого опору ґрунту. Існують деякі ризики щодо негативного впливу властивостей цих ґрунтів на ріст та розвиток сільськогосподарських культур, пов'язані з високою щільністю верхнього перехідного горизонту ґрунту. Але особливі високі ризики недобору урожаю сільськогосподарських культур пов'язані з низькою спроможністю ґрунту забезпечувати сільськогосподарські рослини вологою, що особливо небезпечно під час довготривалих бездощових періодів.

2.3. Хімічні та агрохімічні показники

Вмісту гумусу

Гумус суттєво впливає на поживні властивості ґрунту тому, що у ньому міститься до 98 % ґрунтових запасів азоту, до 60 % фосфору та до 80 % сірки ґрунту, а також вітаміни та стимулятори росту. Вміст гумусу позитивно впливає на теплові властивості ґрунту, тому що темно забарвлений ґрунт має мінімальне альbedo, швидше прогрівається і гарно транспортує тепло вниз по ґрунтовому профілю. Щодо фізичних властивостей ґрунтів, то наявність високого вмісту гумусу зменшує щільність ґрунту і збільшує його шпаруватість. Ґрунти з високим вмістом гумусу стійкіші до антропогенного

Таблиця 2.7. Групування ґрунтів за вмістом гумусу (згідно ДСТУ 4362:2004)

Вміст гумусу	Показник, %
Дуже низький	< 1,1
Низький	1,1-2,0
Середній	2,1-3,0
Підвищений	3,1-4,0
Високий	4,1-5,0
Дуже високий	> 5,0

переуцільнення, а це, в свою чергу, позитивно впливає на мікробіологічну діяльність, ріст і розвиток корневих систем сільськогосподарських рослин. Ще одним наслідком високої шпаруватості високогумусних ґрунтів є гарний водний режим, що проявляється у високій водопоглинальній здатності ґрунту, що зменшує небезпеку ерозії. Існує групування ґрунтів за вмістом гумусу, визначеним за методикою Тюріна в сучасній модифікації (табл. 2.7).

Вміст гумусу у ґрунтах України підпорядкований певній зональності, обумовленій типом ґрунтоутворення та гранулометричним складом ґрунтів. Гумусованість верхнього генетичного горизонту збільшується від дерново-підзолистих та буроземних ґрунтах у Поліссі та в Карпатах (1,1-1,2%), до лісостепових типових чорноземів і степових звичайних чорноземів (4,0-6,0%), а далі зменшується до чорноземів південних і солонцюватих каштанових та темно-каштанових ґрунтів (2,0-3,0 %). Це спричинено зміною рослинно-кліматичних умов ґрунтоутворення, гранулометричному складу та характеру ґрунтоутворних порід. Ареал найвищого вмісту (5,5-6,0 %) включає чорноземи типові і звичайні середньогумусні важкосуглинкові і глинисті, які розташовані смугою з південного заходу на північний схід і схід (північ Одеської та Миколаївської області, Кіровоградська область, Полтавська область, Харківська область, північ Донецької та Луганської областей).

Згідно з Державним стандартом «Показники родючості ґрунтів» (2004) для озимої пшениці, ярого ячменю, цукрового буряку, кукурудзи на зерно, соняшнику вимоги до вмісту гумусу дуже однотипні – оптимальний вміст

гумусу для цих культур повинен бути більший за 3.5 %. Для цих культур за вмістом гумусу незадовільні умови мають місце лише у ґрунтах піщаного і супіщаного гранулометричного складу Полісся, сильно еродованих степових та лісостепових ґрунтах та у темно-каштанових і каштанових ґрунтах Сухого Степу. На решті території країни, вміст гумусу у ґрунтах знаходиться в оптимальному та допустимому діапазонах щодо забезпечення вирощування вище перелічених сільськогосподарських культур. Стосовно жита, вівса, льону та картоплі, які не мають виключно великих вимог до вмісту гумусу у ґрунті, з цієї точки зору, майже вся територія України придатна для їх вирощування, але нижньою межею для забезпечення успішного вирощування цих культур згідно ДСТУ 4362:2004, визначена величина у 3,0 % вмісту гумусу.

Водночас, очевидно, що, чим бідніший ґрунт органічною речовиною, тим повніше гумус буде впливати на врожайність сільськогосподарських культур, але при вмісті гумусу більш ніж 3,5-4,0 % зв'язок «урожайність»-«вміст гумусу» слабшає. А подальше збільшення вмісту гумусу (до 5.0-7.0 %) не супроводжується однозначним збільшенням врожайності (Бацула, 1987). Серед науковців також існує думка, що занадто високий вміст гумусу у ґрунті (більше ніж 6 %), окрім загального позитивного впливу на ґрунт, одночасно може знижувати доступність деяких елементів живлення для сільськогосподарських рослин (Медведев, Плиско, 2006). Цей факт знайшов відображення у деяких системах бонітування ґрунтів, де верхньою межею оптимального значення вмісту гумусу у ґрунті визначається 3,0-4,0 %. (Медведев, Плиско, 2006).

Але при розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки за матеріалами ґрунтово-агрохімічної паспортизації земель оптимальним значенням вмісту гумусу пропонується величина у 6,2 % (Методика..., 2013). Така ж сама величина рекомендується в якості оптимального значення і в методиці бонітування ґрунтів за Сірим (Серый и др., 1986).

Що стосується змін вмісту гумусу у часі, то практично по всій території України спостерігається зменшення вмісту гумусу в орному шарі ґрунтів сільськогосподарського призначення. Цей процес має назву *дегуміфікація*, причиною якої є відносно невеликі обсяги внесення мінеральних (особливо, азотних) добрив та надзвичайно низькі норми органічних добрив (до 3-5 т/га в рік, у перерахунку на підстилковий гній), а також нераціональна структура посівних площ, зокрема відсутність в ній багаторічних та однорічних трав, а також відносно невеликі площі, що займають бобові культури. Тотальна дегуміфікація підтверджується не тільки прямими визначеннями вмісту гумусу у ґрунті, а і розрахунками *балансу ґрунту*. Такі розрахунки показують на істотно дефіцитний баланс гумусу в умовах сучасного українського землеробства. Щорічна мінералізація гумусу та його втрата з ґрунту внаслідок ерозійних процесів не компенсується новоутворенням гумусу («гуміфікацією») з рослинних решток та органічних добрив. Кількісні оцінки гумусового балансу показують, що протягом останніх 30-40 років він був гостродефіцитним і коливався в межах -0,6- -0,7 т/га (Господаренко, 2015).

Ситуація може бути виправлена впровадженням раціональних сівозмін з багаторічними травами та бобовими культурами, а також внесенням великих норм органічних добрив.

Вміст рухомих форм азоту

Азот є основним біогенним елементом, що входить до складу білкових речовин, а також ліпоїдів, хлорофілу, алкалоїдів, різних ферментів тощо. Вміст азоту в рослинних білках досягає інколи 20 %. У сухій речовині рослин вміст азоту коливається у межах 0,4-3 %. Найбільше його в насінні зернових і зернобобових – 1,5-5,0 %, тоді як у соломі злакових рослин лише 0,4-0,6 %. Головні проблеми азотного живлення сільськогосподарських культур полягають у (Господаренко, 2010):

- неспроможності більшості рослин використовувати азот з атмосфери, що є основним резервуаром азоту в біосфері (виняток – бобові культури, які за допомогою бульбочкових бактерій здатні фіксувати атмосферний азот);

- в гірських породах вміст азоту дуже малий, а тому в ґрунтах вкрай обмежені запаси мінерального азоту;

- в умовах сучасного землеробства як ґрунтовий азот, так і азот добрив використовується вкрай нераціонально: великі обсяги цього елемента попадають в атмосферу та вилуговуються в поверхневі і підземні води.

Головним джерелом азотного живлення рослин є аніони азотної кислоти (NO_3^-) та катіони амонію (NH_4^+), яких у ґрунті міститься мало – лише 1 % від загальної кількості азоту, який практично повністю акумульований в різних формах органічних сполук, що входять до складу гумусу, рослинних решток, мікроорганізмів тощо. В залежності від умов ґрунтоутворення та антропогенної діяльності запаси азоту в орному шарі ґрунтів України коливаються у межах 2-8 т/га, а у метровому шарі – 4-30 т/га (Господаренко, 2010). Весь азотний фонд ґрунту поділяються на наступні фракції азоту, які використовуються як критерії оцінки родючості ґрунтів, а саме:

- *мінеральний азот* – основне джерело азотного живлення рослин, до складу якого входять нітрати та обмінний амоній, які характеризують забезпеченість рослин азотом ґрунту на момент визначення;

- *азот, що легко гідролізується* – найближчий резерв для поповнення мінерального азоту і складається з нітратів, нітритів, амонію, амідів, амінокислот, аміноцукорів, вміст яких у ґрунті показує на потенційне забезпечення азотом рослин протягом всього періоду вегетації;

- *азот, що важко гідролізується* – становить основну частину валового азоту ґрунту і є резервом забезпечення ґрунту мінеральним азотом;

- *азот, який не гідролізується* – азот, який практично не бере участі в азотному живленні рослин у ґрунті (гумінові кислоти, гуміни, азот сполук, які міцно зв'язані з мінеральною частиною ґрунту тощо).

Таблиця 2.8. Групування ґрунтів за вмістом гідролізованого азоту, нітрифікаційної здатності ґрунту та вмістом мінерального азоту

Ступінь забезпеченості	Вміст гідролізованого азоту, N, мг/кг		Нітрифікаційна здатність (за Кровцовим) мг/100 г ґрунту	Мінеральний азот (NH ₄ +NO ₃)
	за Тюрнім-Коновою	за Корнфілдом		
Дуже низький	< 30	< 100	< 0,5	< 1,0
Низький	30-40	100-150	0,5-0,8	1,1-1,5
Середній	40-50	150-200	0,8-1,5	1,6-2,4
Підвищений	50-70	> 200	1,5-3,0	2,5-3,0
Високий	70-100	-	3,0-6,0	>3,0

В діагностиці азотного стану ґрунту для використання при вирощуванні сільськогосподарських культур до уваги беруть або азот мінеральних сполук, або азот, який легко гідролізується. Непрямим показником потенційного забезпечення ґрунту нітратами є так звана «нітрифікаційна здатність ґрунту».

Згідно з Державним стандартом (ДСТУ 4362:2004) існує класифікація забезпеченості ґрунту азотом, що легко гідролізується, мінеральним азотом та його здатності до нітрифікації (табл. 2.8). Водночас, виключна мінливість азотного режиму ґрунту у просторі та часі, не дозволяє провести точну діагностику забезпечення ґрунту мінеральним азотом та азотом, що легко гідролізується і визначити оптимальні показники параметрів азотного режиму для вирощування певних сільськогосподарських культур.

Нестача азоту в ґрунті компенсується внесенням азотних та органічних добрив, а також впровадження у сівозміни бобових сільськогосподарських культур.

Існують певні закономірності в просторових і часових змінах показників азотного режиму. Зокрема вміст мінерального азоту залежить в ґрунті від вмісту гумусу і змінюється від нуля до 2 % від загального вмісту азоту. Водночас, частка нітратного азоту в складі мінерального залежить певним чином від типу ґрунту. В малородючих ґрунтах Полісся і Прикарпаття частка нітратного азоту складає 20-30 %, але на високих агрономічних фонах, особливо при внесенні азотних та органічних добрив, досягає 40-80 %. У

чорноземах і каштанових ґрунтах частка нітратів в мінеральному азоті в порівнянні з дерново-підзолистими та бурими лісовими ґрунтами зростає, але однозначної залежності із загальним вмістом азоту не спостерігається (Господаренко, 2010).

Щодо динаміки вмісту нітратів впродовж року, то згідно (Господаренко, 2010) спостерігається два максимуму – весною та восени. Враховуючи, що вміст амонійного азоту впродовж року практично не змінюється, то синхронно з вмістом нітратів впродовж року змінюється і вміст всього мінерального азоту.

Вміст рухомого фосфору

Фосфор є одним з головних показників родючості ґрунтів. З ним тісно пов'язаний розвиток кореневої системи, її поглинальна здатність, процес синтезу білку, інтенсивність фотосинтезу, продуктивність рослин та якість сільськогосподарської продукції.

Головне джерело рухомого фосфору для рослин у природних умовах – солі ортофосфорної кислоти (H_3PO_4), яка може дисоціювати на три рухомих аніони: $H_2PO_4^-$, HPO_4^{3-} , PO_4^{3-} , які і споживаються кореневими системами рослин. Вміст солей, що містять фосфор у ґрунтах регулюється мінералогічним складом материнської породи та гранулометричним складом ґрунту, а також деякими іншими важливими параметрами, зокрема, вмістом гумусу (в ньому міститься до половини фосфорних сполук ґрунту), реакцією ґрунтового розчину, що впливає на розчинність солей ортофосфорної кислоти, складом колоїдного комплексу (фосфати кальцію і магнію більш доступні рослинам, ніж фосфати інших металів) тощо (Носко, 2001). Дуже своєрідна диференціація рухомого фосфору у профілі ґрунтів: у більшості ґрунтів з вираженим елювіально-ілювіальним профілем є два максимуму його вмісту – у гумусовому та ілювіальному горизонтах. У солонцюватих ґрунтах, які мають ті ж горизонти, максимальний вміст фосфору спостерігається лише у верхній частині гумусового горизонту. Нерідко на природні закономірності розподілу фосфору в ґрунті сильно впливають

Таблиця 2.9. Групування ґрунтів за вмістом рухомого фосфору (згідно ДСТУ 4362:2004)

Вміст рухомого фосфору	За методом		
	Кірсанова	Чирікова P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту	Мачігіна
Дуже низький	< 26	< 21	< 11
Низький	26-50	21-50	11-15
Середній	51-100	51-100	16-30
Підвищений	101-150	101-150	31-45
Високий	150-250	151-200	46-60
Дуже високий	> 250	> 200	> 60

антропогенні фактори. Зокрема, в зонах довготривалого вирощування цукрового буряку (Лісостеп) спостерігається надзвичайно високий вміст фосфору, що пов'язано з багаторічним внесенням високих норм фосфорних добрив (Медведев, Плиско, 2006).

Групування за вмістом рухомих форм фосфору виконано з врахуванням усіх трьох методик (табл. 2.9). Що стосується просторового розподілу рухомих форм фосфору в ґрунтах сільськогосподарських угідь України, то вони мають тенденцію до збільшення від дерново-підзолистих, бурих гірсько-лісових, буроземно-підзолистих до опідзолених лісостепових, чорноземів типових, звичайних і південних, а далі зменшується до темно-каштанових і каштанових ґрунтів. Зокрема, дерново-підзолисті ґрунти Полісся та бурі гірсько-лісові ґрунти Карпат мають низький та дуже низький вміст рухомого P₂O₅ (<15 мг/кг ґрунту за методом Мачігіним). Слабко підзолисті лісостепові ґрунти (темно-сірі, чорноземи опідзолені) – середній та підвищений вміст (16-45 мг/кг ґрунту за методом Мачігіна). Чорноземи типові майже на всій території Лісостепу відрізняються підвищеним та високим умістом рухомих форм фосфору (31-60 мг/кг ґрунту за методом Мачігіна). Близьку забезпеченість до них мають чорноземи звичайні і південні. Забезпеченість рухомим фосфором у темно-каштанових і каштанових ґрунтів відповідає градації – середня забезпеченість (16-30 мг/кг ґрунту за методом Мачігіна) (Медведев, Плиско, 2006). Залежність

Таблиця 2.10. Оптимальні параметри вмісту рухомого фосфору і обмінного калію в основних типах ґрунтів України (орний шар) (ДСТУ 4362:2004).

Ґрунти	Культури	Вміст поживних речовин, мг/кг ґрунту(за Чиріковим)	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
	Поліся		
Дерново-підзолисті	Пшениця озима	150-170	130-160
	Ячмінь яровий	110-140	100-110
Світло-сірі та сірі лісові	Ячмінь яровий	-	110-130
	Лісостеп		
Чорноземи опідзолені та темно-сірі лісові	Пшениця озима	110-140	100-130
Чорноземи типові	Соняшник	100-110	120-140
	Пшениця озима	130-150	120-160
	Кукурудза не зерно	140-150	130-150
	Цукрові буряки	160-180	160-180
	Степ		
Чорноземи звичайні	Пшениця озима	110-130	150-160
	Кукурудза не зерно	100-110	
	Соняшник	70-100	
Чорноземи південні	Пшениця озима	110-140	130-170
	Ячмінь яровий	120-130	150-160
Темно-каштанові	Пшениця озима	110-140	140-170

забезпеченості ґрунтів рухомим фосфором від генетичних особливостей ґрунтів порушується регіональними особливостями ґрунтового покриву. Зокрема, під впливом ерозійних процесів у всіх слабоеродованих ґрунтів вміст фосфору зменшується на 12-25 %, а у середньо - і сильноеродованих - на 28-55 % у порівнянні з не еродованими ґрунтами.

Що стосується еталонного (оптимального) вмісту рухомих форм фосфору, то вони визначені у таблиці 2.10. Згідно з Державним стандартом (ДСТУ 4362:2004), оптимальний вміст рухомого фосфору для головних ґрунтів України, в залежності від сільськогосподарських культур, коливається у межах 70-180 мг/кг ґрунту (скоріш за все, ця оцінка зроблена за методикою визначення рухомого фосфору за методом Чирікова). Пересічно оптимальний вміст у всіх ґрунтах приблизно дорівнює 120-130 мг/кг ґрунту.

При бонітуванні ґрунтів та інших комплексних оцінках родючості ґрунтів за еталонний (оптимальний) вміст рухомих форм фосфору приймається:

- при бонітуванні за методикою Медведева-Плиско (2006) в шарі 0-40 см 175 мг/кг ґрунту (при визначенні вмісту рухомого фосфору за Чиріковим) для озимої пшениці, озимого жита, вівса, ярого ячменю, льону та 200 мг/кг ґрунту для кукурудзи на зерно, цукрового буряку, соняшнику та картоплі;
- при бонітуванні за методикою Сірого при визначенні вмісту рухомого фосфору за Кірсановим – 250 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, Мачігіним – 40 мг/кг ґрунту (Серый и др., 1986);
- при розрахунках агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки при визначенні вмісту рухомого фосфору за Кірсановим – 200 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, за Мачігіним – 60 мг/кг ґрунту (Методика..., 2013);
- при бонітуванні за методикою ДП «Головний науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» при визначенні вмісту рухомого фосфору за Кірсановим – 260 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, за Мачігіним – 60 мг/кг ґрунту (Методические рекомендации..., 1993).

Нестача в ґрунті рухомих форм фосфорних сполук повинно компенсуватися внесенням фосфорних та органічних добрив.

Вміст рухомого калію

Калій у рослині перебуває в іонній формі й не входить до складу органічних сполук клітин. Одночасно калій є тим елементом живлення, який визначає якість продукції. Зокрема під впливом калію підсилюється нагромадження крохмалю в бульбах картоплі, сахарози в цукровому буряку та моноцукрів у низці плодових та овочевих культур. Калій підвищує холодостійкість і зимостійкість рослин (у результаті збільшення осмотичного тиску клітинного соку), стійкість рослин до грибкових і бактеріальних хвороб тощо. Рослини споживають калій у вигляді катіону K^+ .

Вміст *валового (або загального) калію* (у перерахунку у K_2O) у різних ґрунтах коливається від 0,5 до 3 %. Калій міститься у:

- органічних речовинах ґрунту (рослинних рештках та мікроорганізмах);
- ґрунтових первинних і вторинних мінералах (польові шпати, слюди, іліти, монтморилоніти тощо);
- складі водорозчинних солей мінеральних (карбонатів, нітратів, хлоридів) та органічних кислот, а також у ґрунтовому розчині (*водорозчинний калій*);
- складі ГПК (*обмінний калій*).

Останні дві складових калійного фонду ґрунту називається *рухомим калієм*, який складає не більше 0,5-2,0 % від валового. Рухомий калій є найбільш популярним показником забезпеченості рослин цим поживним елементом і визначається за кількома методиками (Кірсанова, Чирікова або Мачігіна) (Господаренко, 2010). Існує групування українських ґрунтів за вмістом рухомого калію (табл. 2.11).

Важкі глинисті і суглинкові ґрунти більше містять калію, ніж піщані і супіщані. У більшості суглинкових ґрунтів калію утримується 2,0-2,5 %, тобто значно більше, ніж азоту і фосфору. Загальний запас K_2O в орному шарі ґрунту 50-75 т на 1 га, але основна частина калію (98-99 %) знаходиться в ґрунті у виді сполук, нерозчинних і малодоступних для рослин. Найбільша кількість рухомого калію знаходиться у ґрунтах Степу (150-250 мг/кг), менше (70-180 мг/кг) – у Лісостепу і найменша (40-80 мг/кг) – ґрунтах Полісся. Ареали недостатнього забезпечення рухомим калієм і високої ефективності калійних добрив розташовані на ґрунтах, в яких 70-80 % знаходиться піщаних і крупнопилуватих фракцій. Вони розміщені в зонах Полісся, Закарпаття, Карпат, Прикарпаття. Це сильно і слабо опідзолені ґрунти, які сформовані на піщаних породах та легкосуглинкових лесових породах (Медведєв, Плиско, 2006).

Таблиця 2.11. Групування ґрунтів за вмістом рухомого калію

Вміст обмінного калію	За методом		
	Кірсанова	Чирікова K ₂ O, мг/кг ґрунту	Мачігіна
Дуже низький	< 41	< 21	< 51
Низький	41-80	21-40	51-100
Середній	81-120	41-80	101-200
Підвищений	121-170	81-120	201-300
Високий	171-250	121-180	301-400
Дуже високий	> 250	> 180	> 400

За вимогами до калійного живлення основні культури розділяються на дві групи: 1) озима пшениця, жито, ячмінь, овес, кукурудза, льон; 2) цукровий буряк, соняшник, картопля. Культури другої групи безумовно вимогливіші до вмісту у ґрунті K₂O.

Оптимальні параметри вмісту рухомого калію (за Чиріковим) в основних типах ґрунтів України для різних культур, згідно ДСТУ 4362:2004, приведені у таблиці 2.10 і знаходяться в межах 100-170 мг/кг.

При бонітуванні ґрунтів України та інших комплексних оцінках родючості ґрунтів за еталонний (оптимальний) вміст рухомих форм калію приймається:

- при бонітуванні за методикою Медведєва-Плиско (2006) в шарі 0-40 см це 150 мг/кг ґрунту (при визначенні вмісту рухомого калію за Чиріковим) для озимої пшениці, озимого жита, вівса, ярого ячменю, кукурудзи на зерно та льону та 180 мг/кг ґрунту для цукрового буряку, соняшнику та картоплі;
- при бонітуванні за методикою Сірого при визначенні вмісту рухомого калію за Кірсановим – 170 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, Мачігіним – 400 мг/кг ґрунту (Серый и др., 1986);
- при розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки при визначенні вмісту рухомого калію за Кірсановим – 220 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 180 мг/кг ґрунту, за Мачігіним – 400 мг/кг ґрунту (Методика..., 2013);

- при бонітуванні за методикою ДП "Головний науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» при визначенні вмісту рухомого калію за Кірсановим – 170 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, за Мачігінім – 400 мг/кг ґрунту (Методические рекомендации..., 1993).

Нестача в ґрунті рухомих форм калійних сполук компенсується внесенням калійних мінеральних добрив.

Вміст рухомої сірки

Сірка є важливішим елементом живлення, яка входить до складу рослинних білків, амінокислот, вітамінів, ферментів. Недобір сірки з ґрунту веде до зменшення активності біологічних процесів у рослині, в результаті чого падає врожайність сільськогосподарської культури. При нестачі сірки затримується синтез білків, у рослині накопичується азот у вигляді нітратів. Сірка покращує смакові і ароматичні якості деяких рослин (цибуля, часник), збільшує стійкість сільськогосподарських культур до хвороб і шкідників. Сільськогосподарські культури, з точки зору споживання сірки, можна поділити на три групи: великого споживання (> 50 кг/га) – ріпак, капустяні; середнього (20-50 кг/га) – багаторічні трави, зернобобові, цукровий та кормовий буряк; помірного (< 20 кг/га) – зернові, трави, кукурудза, картопля. Рослини засвоюють сірку у вигляді іонів SO_4^{-2} (Господаренко, 2010).

У ґрунті сірка знаходиться в основному у складі органічних сполук, які представлені рослинними рештками і гумусом (до 80-90 % від валового вмісту сірки в ґрунті). У результаті діяльності мікроорганізмів у ґрунті постійно протікають процеси трансформації сірки та перетворення між органічними і неорганічними сполуками сірки. Сульфатна форма сірки утворюється як побічний продукт в процесі мінералізації органічної речовини ґрунту, що протікає за участю мікроорганізмів. Одночасно іде процес іммобілізації, тобто включення сульфатної форми сірки в мікробну біомасу ґрунту.

Таблиця 2.12. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук сірки (Господаренко, 2015)

Ступінь забезпеченості	Вміст, мг/кг
Дуже низький	< 3
Низький	3-6
Середній	6-9
Підвищений	9-12
Високий	12-15
Дуже високий	>15

Відносно невелика частина (10-20 %) від *валового (загального)* вмісту сірки в ґрунті знаходиться в неорганічній (*мінеральній*) формі. Мінеральна сірка представлена сульфатами і сульфітами кальцію, магнію та одновалентних катіонів (калію, натрію). Для рослин найбільш доступною є *рухома сірка*, яка представлена сульфатами та сульфітами одновалентних катіонів – Na_2SO_4 , K_2SO_4 , Na_2SO_3 та K_2SO_3 (Господаренко, 2010). Саме вміст рухомої сірки і є головним діагностичним показником забезпечення ґрунту цим елементом живлення.

Групування за вмістом у ґрунті рухомих сполук сірки представлені у таблиці 2.12.

При розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки оптимальним значенням для ґрунтів України визначена величина у 12 мг/кг ґрунту (Методика..., 2013).

Вміст рухомих форм мікроелементів

Для вирощування високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур поряд з макроелементами (азот, фосфор, калій, сірка) важливе значення мають мікроелементи живлення, особливо, *бор (В)*, *марганець (Mn)*, *мідь (Cu)*, *цинк (Zn)*, *кобальт (Co)*, *молібден (Mo)* та *залізо (Fe)*, тому, що вони беруть участь у різних, дуже важливих фізіологічних процесах, зокрема таких як:

- фотосинтез (Mn, Fe, Cu);
- дихання (Mn, Fe, Cu, Zn, Co);

- вуглеводний, жировий та білковий обміни, утворення органічних кислот і ферментів (Mn, Cu, Mo, Zn);
- процеси зв'язування вільного азоту (Mo, B, Mn, Fe);
- перетворення сполук азоту і фосфору (B, Zn, Cu, Mn, Mo);
- розвиток бульбочкових бактерій (Cu, Mo, B).

Мікроелементи часто виступають каталізаторами різних хімічних і біохімічних реакцій (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn та ін.). Відомо також, що B, Cu, Co, Mo, Zn виконують специфічні функції в захисних морозостійких і засухостійких механізмах різних сільськогосподарських рослин (Господаренко, 2010).

Основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт. Їх доступність визначають за наявності рухомих форм, які для міді, цинку, молібдену і кобальту становлять 5-15 % від валового вмісту, а для бору – 10-30 %. У порівнянні з макроелементами вміст мікроелементів у ґрунтах невисокий. Тому не всі ґрунти здатні повністю задовольнити потреби рослин у мікроелементах. Основною причиною дефіциту мікроелементів, насамперед, є їх слабка доступність для рослин.

Наприклад, більшість ґрунтів Полісся добре забезпечені марганцем і задовільно міддю (за винятком торф'яників), але вони мало містять бору, молібдену, цинку. Ґрунти Лісостепу багаті на марганець, достатньо забезпечені міддю, задовільно молібденом (за винятком кислих сірих лісових ґрунтів), погано забезпечені – бором і цинком. Закономірності розподілу мікроелементів у ґрунтах України обумовлені широкими природними властивостями самих елементів, мінералого-геохімічними особливостями ґрунтоутворних порід, фізико-хімічними характеристиками ґрунтів, ландшафтними і техногенними умовами. У ґрунтоутворних глинистих породах із високим умістом колоїдних фракцій і перетворенням мінералів монтморилонітового типу міститься максимальна кількість мікроелементів. Набагато менше їх у флювіогляціальних, піщаних і супіщаних відкладах та у карбонатних породах (Господаренко, 2010).

Таблиця 2.13. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук мікроелементів, мг/кг (Методика..., 2013)

Ступінь забезпеченості	Мікроелемент					
	Mn*	Zn*	Cu*	Co*	Mo**	B***
Дуже низький	< 5,1	< 1,1	< 0,11	< 0,07	< 0,05	< 0,15
Низький	5,1-7,0	1,1-1,5	0,11-0,15	0,07-0,10	0,05-0,07	0,15-0,22
Середній	7,1-10,0	1,6-2,0	0,16-0,20	0,11-0,15	0,08-0,10	0,23-0,33
Підвищений	10,1-15,0	2,1-3,0	0,21-0,30	0,16-0,20	0,11-0,15	0,34-0,50
Високий	15,1-20,0	3,1-5,0	0,31-0,50	0,21-0,30	0,16-0,22	0,51-0,70
Дуже високий	>20,0	>5,0	>0,50	>0,30	>0,22	>0,70

Примітка. Екстракційний розчин: *ацетатно-амонійний з рН 4,8; **оксалатно-буферний з рН 3,3
***вода.

Таблиця 2.14. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук мікроелементів, мг/кг (Методика..., 2013)

Забезпеченість	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту					
	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B
Для культур невисокого виносу мікроелементів (зернові колосові, кукурудза, зернобобові, картопля)						
Низька	<5	<0,1	<1	<0,07	<0,05	<0,1
Середня	5-10	0,1-0,2	1-2	0,07-0,15	0,05-0,15	0,1-0,3
Висока	>10	>0,2	>2	>0,15	>0,15	>0,3
Для культур підвищеного виносу мікроелементів (коренеплоди, овочі, бобові та злакові трави, різнотрав'я, соняшник, сади і виноградники)						
Низька	<10	<0,2	<2	<0,15	<0,2	<0,3
Середня	10-20	0,2-0,5	2-5	0,15-0,30	0,2-0,3	0,3-0,5
Висока	>20	>0,5	>5	>0,30	>0,3	>0,5
Для культур високого виносу мікроелементів (всі культури при високому рівні землеробства – використання зрошення, великих норм мінеральних добрив, високо інтенсивних сортів тощо)						
Низька	<20	<0,5	<5	<0,3	<0,3	<0,5
Середня	20-40	0,5-1,0	5-10	0,3-0,7	0,3-0,5	0,5-1,0
Висока	>40	>0,1	>10	>0,7	>0,5	>1,0

Групування за вмістом рухомих мікроелементів у ґрунтах наведено в таблиці 2.13. Детальніше групування ґрунтів за вмістом рухомих мікроелементів з урахуванням особливостей споживання сільськогосподарськими культурами цих поживних речовин приведено в розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки (Методика..., 2013) (табл. 2.14).

Оптимальним значенням вмісту рухомих форм мікроелементів у ґрунтах України було визначено в методиці розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки (Методика..., 2013), а також у монографії (Теорія..., 2016). Для марганцю ця величина дорівнює 21 мг/кг

Таблиця 2.15. Визначення типу засолення за аніонним складом водної витяжки (Інструкція..., 2002)

Тип (хімізм) засолення	Співвідношення аніонів			Додаткові умови
	Cl ⁻ / SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻ / Cl ⁻	HCO ₃ ⁻ / SO ₄ ²⁻	
Гідрокарбонатний		>2,5	>2,5	
Хлоридний	>2,5	-	-	-
Сульфатно-хлоридний	1,0-2,5			
Хлоридно-сульфатний	0,25-1,0	-	-	-
Сульфатний	<0,25	-	-	-
Содовий		>2,5		
Хлоридно-содовий		1,0-2,5		HCO ₃ ⁻ > Ca ⁺² + Mg ⁺² , Na ⁺ > Mg ⁺²
Содово-хлоридний		0,25-1,0		Na ⁺ > Ca ⁺²
Сульфатно-содовий			1,0-2,5	
Содове-сульфатний			0,25-1,0	
Сульфатно- або хлоридно-гідрокарбонатний	-	<1,0	<1	HCO ₃ ⁻ > Na ⁺ Na ⁺ > Ca ⁺² Na ⁺ > Mg ⁺²

грунту, для цинку – 5,1 мг/кг ґрунту, для міді – 0,51 мг/кг ґрунту, для кобальту – 0,31 мг/кг ґрунту, для бору – 0,71 мг/кг ґрунту, для молібдену – 0,23 мг/кг ґрунту.

Нестача в ґрунті рухомих форм мікроелементів живлення, як правило, компенсується внесенням органічних та мінеральних добрив, які містять ці поживні речовини або мікродобрив.

Вміст водорозчинних солей

Засолені (галогенні) ґрунти або *солончаки* – це такі ґрунти, які містять у всьому профілі, або в його окремій частині легкорозчинні солі в кількостях, шкідливих для рослин (більше ніж *порог токсичності*, який дорівнює приблизно 0,20-0,25 %). Як що у ґрунтовому профілі виділяється солонцевий горизонт і родючість лімітується не тільки вмістом водорозчинних солей, а й наявністю натрію в поглиненому стані (детальніше у розділі 2.4), то такі ґрунти називаються *солонцями* і вони розглядаються окремо (див. 2.4).

До легкорозчинних відносяться солі соляної, сірчаної та вугільної кислоти, тобто хлориди, сульфати, гідрокарбонати, а інколи, солі і борної кислоти. У всьому профілю солончаків спостерігаються вицвіти солей, але при наявності вологи у ґрунті солі переходять у розчин й візуально не фіксуються. Характерна така закономірність, що коли солончаки утворилися при засоленні інших типів ґрунтів, то вони зберігають будову й морфологічні ознаки вихідного ґрунту, тому в профілі можуть бути різноманітні ряди генетичних горизонтів.

Джерелами водорозчинних солей у ґрунтах є (Назаренко та ін., 2006; Новикова, 2009; Меліорація ґрунтів..., 2015):

- ґрунтоутворні породи;
- мінералізовані ґрунтові води, що знаходяться на глибині більше, ніж 2 м і впливають на процес ґрунтоутворення;
- моря, затоки, лимани, з поверхні яких солі переносяться вітром (імпульверизація солей);
- деякі види рослинності, які підтягують солі з засолених гірських порід у поверхневі шари ґрунту та акумулюють у процесі мінералізації фітомаси (солянки);
- зрошувальні води, які можуть бути активним фактором вторинного засолення ґрунтів при неправильному зрошенні.

Основною причиною загибелі рослин на засолених ґрунтах є високий осмотичний тиск ґрунтового розчину, який перевищує тиск їх клітинного соку, внаслідок чого зменшується надходження води в окремі тканини, збільшується транспірація, погіршується асиміляція, дихання та утворення цукрів, що призводить до висихання й загибелі рослин. Цей процес має назву *фізіологічна посуха*.

За ступенем засолення (табл. 2.15 та 2.16), залежно від умісту солей виділяють ґрунти незасолені, слабо-, середньо- і сильнозасолені (Меліорація ґрунтів..., 2015). Природні засолені ґрунти є інтразональними ґрунтами, що можуть формуватися у різних природних зонах, але переважно засолені

грунти поширені в посушливих і напівпосушливих зонах і прибережних регіонах усіх кліматичних поясів. В Україні природні засолені ґрунти поширені в пониззі та у дельтах деяких причорноморських річок, по берегах лиманів і мілководних заток Сивашу.

Залежно від складу солей у ґрунті розрізняють кілька основних видів засолення:

- *хлоридне* засолення ґрунтів зумовлене надлишковим вмістом у ґрунті хлориду натрію і хлориду магнію (NaCl , MgCl_2);
- *сульфатне* засолення обумовлене нагромадженням сульфату натрію, кальцію і сульфату магнію (MgSO_4 , CaSO_4 , Na_2SO_4);
- *содове* (карбонатне) засолення пов'язане з наявністю у ґрунті підвищених кількостей гідрокарбонату натрію або інших натрієвих солей (NaHCO_3 , Na_2CO_3).

В Україні переважає содове та хлоридно-сульфатне засолення (Назаренко та ін., 2006). Найбільш шкідливим солями є солі, які містять катіони натрію та аніони хлору – Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl ; помірно шкідливими є CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 ; найменш шкідливими є MgSO_4 та CaSO_4 .

Розрізняють засолені ґрунти природного і антропогенного (вторинного) походження. Первинне засолення – природне накопичення солей природного генезису внаслідок або випаровування підґрунтових вод, або засоленості ґрунтоутворних порід. Вторинне засолення спричинене антропогенною зміною водного балансу певної території, як правило, внаслідок розвитку бездренажного зрошення на погано дренованих низинних землях (Меліорація ґрунтів..., 2015). За таких умов створюється додатній сольовий баланс ґрунту, коли накопичення солей перевищує їх винос. Ситуація погіршується якщо ці ґрунти поливаються водами з високою мінералізацією, тобто в сольовому балансі додатна складова зростає. Але можливий і протилежний процес, коли поливи прісними водами вимивають з ґрунту солі, які попадають туди з ґрунтових вод, тобто проходить процес *розсолення ґрунтів*.

Таблиця 2.16. Класифікація ґрунтів за ступенем засолення (за загальним вмістом солей) (Інструкція..., 2002)

Ступінь засолення		Незасоле-ні	Слаб-ко засо-лені	Серед-ньо засолені	Сильно засолені	Дуже сильно засолені	
Сума токсичних солей залежно від типу засо-лення, %	Хлоридний (X)	Менше 0,05	0,05-0,15	0,15-0,30	0,30-0,70	Понад 0,70	
	Сульфатно-хлоридний (CX)	Менше 0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,80	Понад 0,80	
	Хлоридно-сульфатний (XC)	Менше 0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,90	Понад 0,90	
	Сульфат-ний (C)	3 малим вмі-стом гіпсу 3 підвищеним вмістом гіпсу	Менше 0,30 Менше 1,00	0,30-0,40 1,0-1,20	0,40-0,80 1,20-1,50	0,80-1,20 1,50-2,00	Понад 1,20 Понад 2,00
	Содово-хлоридний (СдХ)	Нема	Нема	Нема	0,20-0,50	Понад 0,50	
	Содово-сульфатний (СдС)	Нема	Нема	0,25-0,40	0,40-0,60	Понад 0,60	
	Хлоридно-содовий (ХСд)	Менше 0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,50	Понад 0,50	
	Сульфатно-содовий (ССд)	Менше 0,15	0,15-0,25	0,25-0,40	0,40-0,60	Понад 0,60	
	Содово-хлоридний-гідрокарбонатний (СХГ)	Менше 0,20	0,20-0,40	0,40-0,50	Нема	Нема	

Засолені ґрунти без морфологічно визначеного солонцевого горизонту в Україні займають площу в 1,92 млн га, із них сільськогосподарські угіддя – 1,71 млн. га, з яких рілля – 848,2 тис. Серед зрошуваних ґрунтів налічується близько 350 тис. га засолених та 70-100 тис. га вторинно засолених ґрунтів (Меліорація ґрунтів..., 2015).

Діагностика ступеню засолення ґрунтів відбувається у два етапи. На першому, за співвідношенням аніонів та, інколи, і катіонів у сольовій витяжці визначається тип засолення (табл. 2.15), а на другому етапі, виходячи із типу засолення, визначається ступінь засолення згідно загальної кількості солей (табл. 2.16).

Використання засолених земель можливо при реалізації досить коштовних меліораціях, пов'язаних з видаленням із ґрунту водорозчинних солей (розсолоння ґрунтів). Для цього проводять промивку ґрунту високою кількістю прісної води. В умовах зрошуваного землеробства запобігти вторинного засолення ґрунтів можливо лише побудовою ефективного дренажу, що приводить до зменшення рівня ґрунтових вод та припинення

Таблиця 2.17. Вміст гумусу та поживних речовин у чорноземі південному середньосуглинковому слабкоеродованому (землі Навчально-наукового виробничого центру МНАУ, Миколаївський район Миколаївської області, N 46°53'41,7", E 031°40'37").

Генетичні горизонти та їх потужність, см	Вміст гумусу, %	Вміст мінерального (амонійного та нітратного азоту) мг/кг	Вміст рухомого фосфору (за Мачігінім), мг/кг	Вміст рухомого калію (за Мачігінім), мг/кг	Вміст рухомої сірки, мг/кг	Вміст рухомих форм мікроелементів, мг/кг ґрунту					
						марганецю	міді	цинку	кобальту	молібдену	бору
H 0-28	3,22	16,96	10,35	251,08	10,0	15,1	0,20	2,5	0,10	0,20	0,50
Hp 29-45	1,31	22,07	3,15	83,95	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Ph 46-68	1,03	22,56	1,87	97,40	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Pk 69-120	0,64	21,55	5,69	83,23	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.

неефективного використання поливних вод, що пов'язано з раціоналізацією режимів зрошення сільськогосподарських культур, впровадження водо зберігаючих технологій поливу, які економлять воду та попереджають її фільтрацію через стінки каналів.

Приклади оцінки якості ґрунту за хімічними та агрохімічними показниками

Треба оцінити якість чорнозему південного слабко еродованого за агрохімічними властивостями, використовуючи дані, наведені у таблиці 2.17.

Що стосується вмісту гумусу, то згідно з групуванням, наведеному у Державному стандарті України щодо якості ґрунтів (ДСТУ 4362:2004), в гумусовому горизонті міститься підвищений уміст гумусу, у верхньому перехідному міститься низький вміст гумусу, у нижньому перехідному та ґрунтоутвірній породі – дуже низький вміст гумусу. Враховуючи, що для більшості сільськогосподарських культур, які вирощуються в Степу (озима пшениця, ярий ячмінь, цукровий буряк, кукурудза на зерно, соняшник) ДСТУ 4362:2004 (див. 3.3) визначає оптимальну кількість вмісту гумусу у

більш ніж 3,5 %, то очевидно, що еродований південний чорнозем, властивості якого аналізуються, не зумовлюється цьому критерію якості ґрунту.

Вміст мінерального азоту за профілем південного чорнозему практично не змінюється (17-23 мг/кг ґрунту) і, згідно з існуючими критеріями (табл. 2.8), відноситься до «середніх» значень. Вміст рухомого фосфору, що визначався за методикою Мачигіна, у всьому профілі, згідно критеріїв ДСТУ 4362:2004 дуже низький (<11 мг/кг ґрунту; табл. 2.9). Якщо порівнювати вміст рухомого фосфору у верхньому гумусовому горизонті з еталонними значеннями, прийнятими для бонітування, то цей показник менший, ніж стандартні значення у 4-6 раз (див. розділ 2.3). Вміст рухомих форм калію в ґрунтовому профілю коливається в межах від 83 мг/кг (горизонт Рк) до 251 мг/кг (у гумусовому горизонті Н). Згідно з критеріями ДСТУ 4362:2004 в гумусовому горизонті спостерігається підвищений вміст рухомого калію, але вниз по профілю вміст цього елемента низький (табл. 2.11).

Для вирощування на чорноземах південних основних культур (озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи, цукрового буряку, соняшнику), згідно з ДСТУ 4362:2004, оптимальний вміст рухомих форм фосфору і калію повинно дорівнювати критерію «високий та дуже високий», що для фосфору дорівнює, при визначенні за методикою Мачигіна, складає більше, ніж 45 мг/кг, а для калію, згідно тієї ж методики, більше, ніж 300 мг/кг.

Вмісту рухомих форм сірки в чорноземі південному, в гумусовому горизонті складає 10 мг/кг. Згідно з існуючими критеріями (табл. 2.12), такий показник відноситься до підвищеного ступеня забезпеченості ґрунту рухомою сіркою.

Вміст основних мікроелементів живлення в гумусовому горизонті чорнозему південного показує на досить строкату картину (табл. 2.13). Спостерігається підвищений вміст марганцю у ґрунті, середній вміст міді, підвищений вміст цинку, низький вміст кобальту, високий вміст молібдену, підвищений вміст бору. Якщо при оцінці вмісту мікроелементів у ґрунті враховувати ступінь їх виносу (табл. 2.14), то при вирощуванні зернових

колосових, кукурудзи, зернобобових, які відносно небагато засвоюють мікроелементів із ґрунту, вміст марганцю у ґрунті є високим, міді – середнім, цинку – високим, кобальту – середнім, молібдену – високим, бору – високим. Якщо на цій ділянці вирощувати соняшник, коренеплоди, злакові і бобові трави, цими культурами з ґрунту виноситься підвищена кількість мікроелементів живлення, то тоді вміст марганцю є середнім, міді – низьким, цинку – середнім, кобальту – низьким, молібдену – низьким, бору – середнім.

Висновок. Оцінка за агрохімічними властивостями чорнозему південного важкосуглинкового слабкоеродованого показує на підвищений вміст гумусу лише у верхньому гумусовому горизонті і на низький його вміст у всьому ґрунтовому профілю, а також середнє значення вмісту мінерального азоту та підвищене значення рухомого калію; при цьому спостерігається дуже низький вміст рухомого фосфору. Забезпеченість ґрунту мікроелементами залежить від вибору сільськогосподарських культур, які плануються тут вирощувати. Існує певний дефіцит міді, кобальту та молібдену, особливо при вирощуванні культур, які виносять з ґрунту підвищену кількість мікроелементів (соняшник, коренеплоди, злакові і бобові трави). А, отже, для ефективного використання ріллі на цих ґрунтах необхідно вносити великі норми органічних добрив та фосфорних добрив, помірні норми мінеральних азотних та калійних добрив, а також вибіркове застосування сірчанних добрив і мікродобрив.

Треба також оцінити якість темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту в контексті вмісту токсичних солей на основі інформації за трьома зразками, відібраними з орного шару, яка наведена у таблиці 2.18.

Аналіз даних водного витягу показує, що серед аніонного складу найбільшу частку припадає на аніони сірчаної кислоти SO_4^{2-} (0,032, 0,032, 0,040 мг/екв на 100 г ґрунту) та аніони гідрокарбонату HCO_3^- (0,040, 0,032, 0,051 мг/екв на 100 г ґрунту). Враховуючи цей факт, згідно даних таблиці 2.18, необхідно розрахувати співвідношення $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$, яке для першого зразка має значення 1,25, для другого – 0,80, для третього – 1,28. А значить

Таблиця 2.18. Сольовий склад орного шару темно-каштанових ґрунтів АТ «Радсад» Миколаївського району Миколаївської області

Зразок		1	2	3
Глибина відбору, см		0-25	0-25	0-25
Сухий залишок, %		0,18	0,38	0,32
Аніони, мг/екв на 100 г ґрунту	HCO ₃ ⁻	0,04	0,032	0,051
	Cl ⁻	0,004	0,004	0,003
	SO ₄ ²⁻	0,032	0,04	0,04
	сума	0,078	0,077	0,09
Катіони, мг/екв на 100 г ґрунту	K ⁺	0,012	0,012	0,016
	Na ⁺	0,007	0,007	0,007
	Ca ⁺²	0,007	0,007	0,007
	Mg ⁺²	0,004	0,004	0,004
	сума	0,03	0,03	0,04
	HCO ₃ ⁻ /SO ₄	1,25	0,8	1,28
Тип засолення		Сульфатно-содовий	Содово-сульфатний	Сульфатно-содовий
Ступінь засолення ґрунту		Слабо засолений	Середньо засолений	Середньо засолений

для першого та третього зразка тип засолення буде сульфатно-содовий, а для другого – содово-сульфатний. Така діагностика підтверджується і додатковими умовами, які витікають з катіонного складу водного витягу. Дійсно, HCO₃⁻ > (Ca⁺² + Mg⁺²), Na⁺ > Mg⁺², Na⁺ > Ca⁺² (табл. 2.18).

Висновок. Щодо якості ґрунту в контексті вмісту токсичних солей, згідно з класифікацією (табл. 2.16), перший зразок темно-каштанового важкосуглинкового є слабозасоленим, а другий і третій – середньозасоленим, що накладає певні обмеження щодо використання цих ґрунтів у землеробстві (Назаренко та ін., 2006).

2.4. Фізико-хімічні показники

Ємність катіонного обміну

Тонкодисперсна частина ґрунту (частки розміром менше 0,001 мм) відіграє значну роль у фізико-хімічних процесах, які відбуваються у ґрунті. Колоїдна частина цієї фракції (частки розміром < 0,0001 мм) має велику

Таблиця 2.19. Оптимальні значення ЄКО (ДСТУ: 4362: 2004)

Ґрунти	ЄКО, мг на 100 г ґрунту
Дерново-підзолисті ґрунти супіщані та суглинкові	6-16
Чорноземів типові важкосуглинкові	40-44
Чорноземів типові середньосуглинкові	25-30
Чорноземи звичайні суглинкові	30-45
Чорноземи південні суглинкові	30-40

питому поверхню і високу вбиральну здатність, яка відіграє дуже важливу роль у ґрунтових процесах (Назаренко та ін., 2006).

За хімічним складом колоїди поділяють на мінеральні, органічні та органо-мінеральні. З мінеральних, які переважають у ґрунті, найбільш поширені колоїди кремнезему, глинозему і окисів заліза. Утворюються вони в ґрунті під час хімічного вивітрювання мінералів (кварцу, монтморилоніту, іліту, каолініту тощо). Органічні колоїди складаються переважно з гумусових речовин (гумінових і фульватних кислот, лігніну, протеїну, клітковини, смол тощо), а органо-мінеральні – із сполук гумусових речовин з глинистими та іншими вторинними мінералами. Поверхні колоїдів глинистих мінералів і гумусових кислот мають переважно негативний заряд, а тому цією поверхнею поглинаються і закріплюються на ній катіони ґрунтового розчину (Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ тощо). Загальний вміст у ґрунті всіх обмінно-ввібраних катіонів називається *ємністю поглинання* або *ємністю катіонного обміну* (ЄКО), який виражається у мг.-екв. на 100 г ґрунту і характеризує загальну поглинальну здатність ґрунту. Вона залежить, в першу чергу, від гранулометричного і мінералогічного складу та вмісту в ґрунті органічної речовини. Чим більше в ґрунті мінеральних і органічних колоїдних частинок, тим вище його поглинальна здатність. Ґрунти з малою кількістю колоїдної фракції (це, як правило, малогумусні піщані, супіщані та карбонатні ґрунти) мають невисоку ємність поглинання (Назаренко та ін., 2006).

Відзначимо, що різні катіони мають неоднакову здатність до поглинання. Чим більше заряд (валентність) катіону та його атомна маса, тим

сильніше він поглинається і важче витісняється з поверхні колоїду іншими катіонами. Винятком з цього правила є лише іони водню, які мають найменшу атомну вагу, але, одночасно, мають і дуже високу енергією поглинання та здатність витіснити інші катіони з поглинального комплексу.

ЄКО – один з фундаментальних показників родючості ґрунту. Оптимальні значення ЄКО були визначені для деяких типів та підтипів ґрунтів у ДСТУ 4362:2004 (табл. 2.19). При високих значеннях ЄКО ґрунт здатний довготерміново утримувати велику кількість катіонів поживних елементів, як ґрунтового походження, так і з добрив. Це забезпечує оптимальний режим живлення сільськогосподарських культур та визначає загальний рівень родючості. Іншим показником якості ґрунту, пов'язаний з ЄКО є *буферність ґрунту*, тобто здатність ґрунту протистояти різкій зміні концентрації речовин в ґрунтовому розчині. Чим більша ЄКО, тим більша буферність ґрунту. Іншим чинником буферності ґрунту є певний вміст карбонатів (Назаренко та ін., 2006).

При стабільному гранулометричному складі збільшення величини ЄКО можливе лише при зростанні вмісту органічної речовини у ґрунті, тобто при додатному гумусовому балансі ґрунту. Це можливо реалізувати шляхом внесення великих норм органічних добрив та впровадження у сівозміни сидератів, бобових культур і багаторічних трав.

Склад поглинених основ

Різні ґрунти відрізняються не тільки за загальною ємністю поглинання, але й за складом поглинених катіонів. У більшості ґрунтів у складі ввібраних катіонів переважає Ca^{2+} , друге місце займає Mg^{2+} і в значно менших кількостях знаходяться K^+ і NH_4^+ та інші катіони. Сума Ca^{2+} і Mg^{2+} пересічно складає близько 90 % від загальної кількості обмінно-ввібраних катіонів. У ґрунтах Полісся та Карпат з кислою реакцією ґрунтового розчину (зокрема, у дерново-підзолистих та буроземних) серед поглинених катіонів значну

Таблиця 2.20. Класифікація ґрунтів за ступенем солонцюватості

Ґрунти	Ступінь солонцюватості, %Na від ЄКО				
	Не солонцюваті	Слабо солонцюваті	Середньо солонцюваті	Сильно солонцюваті	Солонці
Високогумусні (чорноземи, лучно-чорноземні ґрунти)	<5	5-10	10-15	15-20	>20
Малогумусні (темно-каштанові та каштанові)	<3	3-5	5-10	10-15	>15

частку займають H^+ та Al^{3+} , а у солонцевих ґрунтах Лісостепу і Степу України – Na^+ .

Склад поглинених катіонів має великий вплив на властивості ґрунту та умови росту і розвитку рослин. Зокрема, поглинений кальцій коагулює органічні і мінеральні колоїди, що призводить до утворення агрономічно цінної структури. Оструктурені ґрунти мають найкращі фізичні властивості, зокрема, високу водопроникність і вологомісткість та добру аерацію (Назаренко та ін., 2006).

Насичення ґрунту натрієм (у солонцевих ґрунтів) викликає пептизацію колоїдів, що призводить до їх вимивання з верхнього шару ґрунту та утворення ілювіального (солонцевого) горизонту з вкрай негативними фізичними та хімічними властивостями. В сухому стані такі ґрунти мають високу щільність, тріщинуватість, низьку водопроникливість, а в вологому стані ґрунт стає в'язким та злитим. У безструктурних солонцевих ґрунтах мало повітря. Солонцевий процес інколи призводить до утворення у ґрунтового розчині соди, що визначає вкрай сильну лужну реакцію ґрунтового розчину ($pH=10-11$), а це робить ґрунт абсолютно неродючим (Назаренко та ін., 2006).

Площа солонцевих ґрунтів в Україні за оцінками Державного земельного кадастру (1996) складає 2,8 млн га, з яких 1,9 га є ріллею. Виділяють власне солонці з великим вмістом Na^+ у ґрунтовому комплексі та

екстремально негативними властивостями та солонцюваті ґрунти, які є по суті, солонцюватими відмінами зональних ґрунтів (чорноземів, каштанових, темно-каштанових та лучних), в яких погіршення родючості не катастрофічне. Солонці та солонцюваті ґрунти займають погано дреновані рівнини, а також річкові тераси та долини річок і балок в Степу та Лісостепу.

Власно солонці за звичайної системи землеробства малопродуктивні і використання їх у землеробстві не доцільне. Але в зв'язку з тим, що часто вони не утворюють суцільних масивів, а проявляються лише окремими плямами посеред поля (до 10-20 % від загальної його площі) на тлі зональних ґрунтів, то меліорація солонців у такому випадку конче необхідна процедура. Для поліпшення властивостей солонців використовують плантажний обробіток ґрунту та хімічну меліорацію сполуками, які містять кальцій (Меліорація..., 2015). Класифікація ґрунтів за ступенем солонцюватості наведена у таблиці 2.20.

Інтенсифікація землеробства в останні 30-60 років призвела до поширення в Україні зрошуваних земель, які поливаються водами високої мінералізації, в яких переважають солі натрію. Полив такими водами супроводжується інтенсивним вилуговуванням з ґрунту кальцію та надходженням значної кількості натрію, що різко змінює співвідношення Na^+/Ca^{+2} в поглинальному комплексі на користь натрію. При насиченні (ГВК) ґрунтового комплексу натрієм до 2-5 % від суми увібраних катіонів відбувається пептизація органо-мінеральних колоїдів і розвиток дуже специфічного іригаційного або вторинного осолонцювання. Цей процес супроводжується поступовою агрофізичною деградацією ґрунтів, яка проявляється в ущільненні, утворенні кірки та загальному погіршенні якості макроструктури (Балюк, Носоненко, 2008; Меліорація..., 2015).

Вторинне осолонцювання найбільш інтенсивно проявляється на землях Інгулецької зрошувальної системи (ЗС) (Миколаївська та Херсонська область), Південно-Бузької ЗС (Миколаївська область), Фрунзенської ЗС (Дніпропетровська область), Нижньо-дністровської ЗС та Дунай-

Таблиця 2.21. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості (% Na^+ від суми катіонів) (ДСТУ 3866-99).

Ступінь вторинної солонцюватості	Буферність ґрунтів щодо солонцеватості		
	Низько буферні (вміст CaCO_3 менше 2%)	Середньо буферні (вміст CaCO_3 2-5 %)	Високо буферні (вміст CaCO_3 більше 5 %)
	Важкосуглинкові та легкоглинисті		
Не солонцюваті	< 1	< 3	< 5
Слабко солонцюваті	1-3	3-6	5-10
Середньо солонцюваті	3-6	6-10	10-15
Сильносолонцюваті	> 6	> 10	> 15
	Легкі та середні суглинки		
Не солонцюваті	< 3	< 5	< 6
Слабко солонцюваті	3-6	5-10	6-12
Середньо солонцюваті	6-10	10-15	12-16
Сильносолонцюваті	> 10	> 15	> 16

Дністровської ЗС (Одеська область). Крім того, в Степовій зоні України існують невеликі площі вторинно-осолонцюваних ґрунтів, пов'язаних з місцевим зрошенням. Площа вторинно осолонцюваних зрошуваних ґрунтів в Україні налічує приблизно 380 тис. га (Меліорація..., 2015). Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості наведено у таблиці 2.21.

Вторинне осолонцювання усувається внесенням у ґрунт кальцієвмісних меліорантів (гіпс, фосфогіпс, вапнякове борошно).

Реакція ґрунтового розчину

Реакція ґрунтового розчину (часто використовується інший термін – «реакція ґрунту») залежить від співвідношення у ньому вільних іонів H^+ і OH^- . Якщо в ґрунтовому розчині концентрація цих іонів однакові, то реакція буде нейтральною, при $\text{H}^+ > \text{OH}^-$ реакція ґрунтового розчину є кислою, а при $\text{H}^+ < \text{OH}^-$ – лужною. Абсолютні показники концентрації іонів водню дуже малі і ними незручно користуватися, тому для позначення реакції ґрунту введений показник рН – десятковий від'ємний логарифм концентрації іонів водню в грамах на 1 л розчину, узятий з протилежним знаком (Назаренко та ін., 2006).

Групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності (згідно, ДСТУ 4362:2004) наведено у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22. Групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності (ДСТУ 4362:2004; Інструкція..., 2002)

Ґрунти за ступенем кислотності та лужності	pH _{сол}	pH _{вод}	Вміст у водній витяжці, мг-екв.	
			HCO ₃ ⁻	HCO ₃ -Ca
Дуже сильно кислі	< 4,1	<4,5		
Сильно кислі	4,1-4,5	4,6-5,0		
Середньо кислі	4,6-5,0	5,1-5,5		
Слабо кислі	5,1-5,5	5,6-6,0		
Близькі до нейтральних	5,6-6,0	6,1-7,0		
Нейтральні	6,1-7,0	7,1-7,5		
Слабо лужні	7,1-7,5	7,6-8,0		
Середньо лужні	7,6-8,0	8,1-8,5	<0,3	0,5-1,0
Сильно лужні	8,1-8,5	8,6-9,0	0,3-0,9	1,0-2,0
Дуже сильно лужні	> 8,6	>9,1	>0,9	>2,0

Для кожного виду рослин існує певний, найбільш сприятливий для його росту й розвитку діапазон величини реакції ґрунтового середовища. Але найбільш сприятливою для росту і розвитку більшості сільськогосподарських культур є реакція ґрунтового розчину нейтральна або близька до нейтральної (слабо кисла і слаболужна) (pH=6,5-7,5). Сильнокисла і особливо сильнолужна реакція негативно впливає на кореневі системи і пригнічує процес живлення сільськогосподарських культур. Нейтральна реакція ґрунтового розчину до того ж позитивно впливає на корисні ґрунтові мікроорганізми.

Зазначено (Назаренко та ін., 2006), що pH різних ґрунтів України змінюється від 3,5 до 8,0-9,0, а інколи і вище. На півночі і північному заході країни, де вологий клімат, панує підзолистий ґрунтоутворний процес і наявні, як правило, безкарбонатні ґрунтоутворні породи, домінують «кислі» ґрунти. Найменші значення pH і, відповідно, найгірші умови для вирощування сільськогосподарських культур формуються в Карпатському регіоні (Закарпатська низовина і Передкарпаття) та в Центральному Поліссі. Так, торф верхових боліт має сильно кислу реакцію (pH<4,0), підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти, як правило, кислу (pH=4,0-6,0). Однак бувають і

виключення. У західному регіоні, де зустрічаються випадки формування зональних ґрунтів на породах, які містять багато вапна (крейда, мергель, вапняки), кислотність зменшується до нейтральної (Медведев, Плиско, 2006).

«Кислі» ґрунти мають несприятливі біологічні, фізичні й хімічні властивості, зокрема:

- колоїдна частина кислих ґрунтів бідна кальцієм й іншими основами, внаслідок витиснення кальцію іонами водню із колоїдів гумусового походження підвищуються дисперсність і рухомість гумусу;
- малий вміст у кислих ґрунтах колоїдної фракції призводить до погіршення фізичних і фізико-хімічних властивостей, поганої структури, низької ємності поглинання та невеликої буферності;
- діяльність корисних ґрунтових мікроорганізмів, особливо азот-фіксуючих і бульбочкових бактерій сильно пригнічена;
- утворення доступних для рослин форм азоту, фосфору та інших елементів живлення внаслідок ослаблення мінералізації органічної речовини протікає слабо;
- розвиваються гриби, серед яких багато паразитів та збудників різних хвороб рослин (Назаренко та ін., 2006).

Негативна дія підвищеної кислотності на ґрунт та рослини ще пов'язана зі збільшенням рухомості алюмінію й марганцю в ґрунті які мають високу токсичних дію на рослини. До того ж ці катіони зв'язують аніони ортофосфорної кислоти з утворенням нерозчинних і малодоступних рослинам полуторних фосфатів.

Головним заходом оптимізації реакції ґрунтового розчину «кислих» ґрунтів є внесення вапна (Меліорація ґрунтів..., 2015). На слабкокислих ґрунтах вносять 3-4 т/га, на середньокислих – 5-6 т/га, на сильнокислих – 7-9 т/га врозкид по поверхні ґрунту з подальшим заорюванням. Вапнякові меліоранти рекомендуються вносити під культури, які найбільш чутливі до внесення меліорантів (цукровий буряк, люцерна, конюшина, озима пшениця тощо).

Таблиця 2.23. Оптимальне значення рН ґрунтового розчину для сільськогосподарських культур (Господаренко, 2012; Меліорація..., 2015).

Назва сільськогосподарських культур	рН ґрунтового розчину
Люцерна, еспарцет, цукровий, столовий та кормовий буряк, капуста, часник, коноплі	7,0-7,5
Озима та яра пшениця, озимий та ярий ячмінь, кукурудза, соняшник, горох, соя, квасоля, нут, баклажан, огірки, цибуля	6,5-7,0
Жито, овес, просо, гречка, тимофійка, морква, томати	4,5-7,5
Картопля, льон	5,5-6,0
Люпин, середела, щавель	4,0-5,0

Поступове послаблення підзолистого процесу, зменшення кількості опадів, зміна водного режиму ґрунтів з промивного на непромивний, а також переважання лесових ґрунтоутворюючих порід у Лісостепу і Степу призводить до того, що рН розчину ґрунтів цих природних зон наближається до нейтральних та слабколужних значень (зокрема, сірі лісові та чорноземи різних підтипів мають рН від 6,6 до 7,5). Тут формуються найкращі з точки зору реакції ґрунтового розчину умови для вирощування сільськогосподарських культур.

Далі на південь у Сухому Степу зі зростанням аридності та солонцюватості, значення рН темно-каштанових, каштанових ґрунтів та солонців погіршуються до слабко лужних та лужних значень (рН=8,0-9,0) (Медведев, Плиско, 2006). Діапазони оптимальних значень рН ґрунтового розчину для основних сільськогосподарських культур наведено у таблиці 2.23.

Приклад оцінки якості ґрунту за фізико-хімічними властивостями

Треба оцінити якість темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту за фізико-хімічними властивостями, використовуючи дані за двома розрізами, які наведені у таблиці 2.24.

Величина ЄКО визначається у даному випадку сумою поглинених катіонів, яка дорівнює у верхньому гумусовому шарі ґрунту приблизно 40 мг.-екв. на 100 г. ґрунту, а в нижніх шарах – 34-38 мг.-екв. на 100 г ґрунту. Згідно з

Таблиця 2.24. Фізико-хімічні характеристик темно-каштанових ґрунтів АТ «Радсад» Миколаївського району Миколаївської області

№ розрізу, координати	1. N 46° 51' 38,9" E 31° 56' 40,5"				2. N 46° 51' 36,5" E 31° 56' 37,0"				
	0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80	
Глибина відбору зразку, см	0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80	
Обмінні катіони, мг-екв. на 100 г. ґрунту	Na ⁺	1,1	1,0	0,9	0,6	1,1	1,0	1,1	0,8
	Ca ⁺²	32,7	27,3	27,0	25,7	31,7	31,3	29,3	27,5
	Mg ⁺²	6,3	6,3	5,5	5,3	7,3	8,0	8,0	6,5
	сума	40,1	34,6	33,4	31,6	40,1	40,3	38,4	34,8
	%Na	2,7	2,9	2,7	1,9	2,7	2,5	2,9	2,3
%Ca	81,5	78,9	80,8	81,3	79,1	77,7	76,3	79,0	
Вміст карбонатів, %	3,24	2,16	3,24	5,94	0,54	1,08	6,48	11,89	
Буферність ґрунтів	СБ	СБ	СБ	ВБ	НБ	НБ	ВБ	ВБ	
Ступінь солонцюватості	НС	НС	НС	НС	СС	СС	НС	НС	
Значення рН _{вод}	7,95	8,12	8,05	8,18	8,14	8,32	8,50	8,65	
Оцінка рН _{вод}	СлЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СсЛ	

Примітка: * НБ – Низькобуферні; СБ – Середньобуферні; ВБ – Високобуферні;

**НС- Несолонцюваті; СС – Слабкосолонцюваті.

*** СлЛ - Слабколужні; СрЛ – Середньолужні; СсЛ – Сильнолужні.

ДСТУ 4362:2004 (табл. 2.19), степові суглинкові ґрунти мають оптимальні величини ЄКО в діапазоні 30-40, а, отже, ґрунти, що розглядаються мають оптимальну ємність катіонного обміну.

Стосовно складу катіонів, то розрахунки показують на досить вузький спектр величин, які характеризують вміст поглиненого натрію – 2,5-2,9 % від ЄКО. І лише у підґрунті (Рк) ця величина опускається до величин у 1,9-2,3 %. Слід зазначити, що вміст поглиненого кальцію у цих ґрунтах стабільно високий (78-82 % від ЄКО). Якщо мова йде про природне осолонцюванні, то згідно з цими критеріями у темно-каштанових ґрунтах, що аналізуються, не спостерігається процес осолонцювання. Але можливо, що наявний ввібраний натрій має антропогенне походження. Наприклад, ці ґрунти колись зрошувалися мінералізованими водами. Тоді оцінка вторинного (антропогенного) осолонцювання важкосуглинкових темно-каштанових ґрунтів буде залежати, згідно ДСТУ 3866-99 (табл. 2.21), лише від буферності ґрунту, яка, в свою чергу, є функцією від умісту карбонатів. Аналіз вмісту

карбонатів у ґрунті показує, що вони змінюються в діапазоні 0,5-11,9 % і залежить, насамперед, від глибини відбору зразку. У підґрунті досить високі значення вмісту карбонатів, а значить і високі показники буферності. У верхніх шарах ґрунту кількість $\text{CaCO}_3 < 3,3 \%$, а тому і буферність ґрунту визначається або низькою, або середньою. Виходячи з цих обмежень ґрунти першого розрізу не солонцюваті, у ґрунтах другого розрізу в шарі ґрунту 0-20 см и 20-40 см спостерігається слабка солонцюватість.

Що стосується значень рН ґрунтового розчину, то, згідно з групуванням (табл. 2.22), ґрунти, що аналізуються відносяться до середньолужних. Виключенням є лише верхній шар першого розрізу, де спостерігається слабколужна реакція, та шар ґрунту 60-80 см у другому розрізі, де ґрунтовий розчин має сильнолужну реакцію (рН=8,65). Приведені дані показують на те, що реакція ґрунтового розчину темно-каштанових важкосуглинкових ґрунтів у всіх випадках виходить за межі оптимальних значень для всіх сільськогосподарських культур. А тому при використанні цих ґрунтів у рільництві ймовірно зниження урожайності з причин лужної реакції ґрунтового розчину.

Висновок. Оцінивши якість темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту за фізико-хімічними властивостями, зазначимо на високе значення ЄКО та прояви певної солонцюватості позитивно вплине, з одного боку, на ефективність мінеральних добрив, але з іншого можуть виникнути проблеми з обробітком ґрунту, зокрема, солонцюватість приведе до зростання витрат на обробіток, що пов'язано, в свою чергу, з підвищенням опору ґрунту. Реакція ґрунтового розчину ґрунтів у всіх випадках виходить за межі оптимальних значень, а тому використання цих ґрунтів у рільництві призведе до певного зниження урожайності сільськогосподарських культур. Ефективнішим заходом, що покращить властивості ґрунту буде внесення кальцієвмісних меліорантів.